

# 未来平价推动市场发展，异质结技术发展值得期待

## ——光伏设备投资价值分析报告

行业深度

◆**未来光伏平价时代有望催生大量设备需求：**光伏大规模应用的根本在于，不断降低单位的发电成本，最终实现平价上网、替代常规能源的目标。自2015年起，国家推动的领跑者项目加强了光伏电池技术高效路线的发展，以第三批领跑者中标规模最高的国电投为例，更高效率的双面双玻组件使用占比超过75%。2019年政策调整，进行推动平价上网项目开展与竞价上网机制转型。未来伴随着行业发展逐步摆脱对政府补贴的依赖，市场驱动将会成为行业发展的最主要因素，光伏大规模普及应用有望实现，从而推动对光伏高端装备市场的需求。

◆**技术更新迭代助力设备迎发展良机：**光伏电池行业本质上是一个技术密集型的产业，技术创新是光伏最终成为主导能源，成为推动能源转型的中坚力量的依托，当前行业内主流的先进技术有MCCE技术、PERC技术、异质结太阳能电池、MWT技术、IBC技术。目前，行业面临比较大的降本增效压力。行业积极推动布局高效电池路线，高效光伏设备有望迎来发展良机。

◆**异质结技术—下一代商业光伏生产的候选技术：**异质结技术为更高效率的光伏电池新赛道，兼备了硅片与薄膜电池两者的优势，具备高转换效率、工艺结构简单等多重优势。异质结生产工艺较为简化，薄膜沉积是异质结电池生产工艺中的核心步骤。高昂的成本为异质结技术在推广中存在的最大制约，但异质结技术在LCOE上优势显著。当前来看，异质结技术在各方向均存在一定的降本增效空间，例如N型硅片方面，伴随着隆基、中环双龙头的推动，未来与P型硅片的价差有望缩减至5%以内。另外，近年来市场占比快速提升的双面双玻组件，有望助力异质结技术在度电成本上的优势更加显著。目前，全球市场内业内多家企业大力布局异质结技术，异质结的商业化步伐拓展有望迎来加速。

### ◆建议关注标的：

光伏技术更新迭代不断推动发电成本减低，最终可实现平价上网、替代常规能源的目标。中短期来看，下一代高效技术路线有望推动设备迎来发展良机；长期来看，平价时代的来临将会催生设备大量需求。在这样的背景下，我们建议关注光伏设备公司：1) 捷佳伟创—公司为领先的国内晶体硅光伏设备商，持续推动多个高效电池技术发展的设备的研发，其中异质结电池整线生产设备国产化正在积极推进中。2019年公司参与通威高效异质结电池项目的建设。2) 迈为股份—公司为光伏丝网印刷设备龙头，前瞻性布局异质结技术。未来伴随着从PERC切入到异质结技术生产领域，设备价值量将会得到大幅提高。

### ◆风险分析：

全球光伏市场新增装机不及预期；国内光伏政策波动对于行业稳定发展产生一定影响；行业竞争加剧导致公司产品毛利率下滑；相关公司在异质结电池领域的研发及市场推广不及预期。

## 机械：买入（维持）

### 分析师

贺根（执业证书编号：S0930518040002）  
021-52523863  
[hegen@ebsec.com](mailto:hegen@ebsec.com)

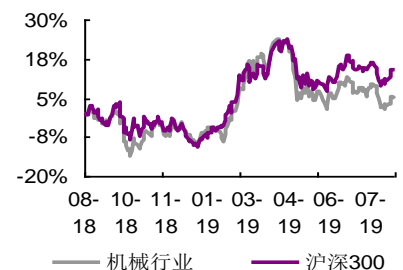
王锐（执业证书编号：S0930517050004）  
010-56513153  
[wangrui3@ebsec.com](mailto:wangrui3@ebsec.com)

唐雪雯（执业证书编号：S0930518070001）  
021-52523825  
[tangxw@ebsec.com](mailto:tangxw@ebsec.com)

### 联系人

郑华航  
021-52523865  
[zhenghh@ebsec.com](mailto:zhenghh@ebsec.com)

行业与上证指数对比图



资料来源：Wind

## 投资聚焦

### 研究背景

光伏大规模应用的根本在于，不断降低单位的发电成本，最终实现平价上网、替代常规能源的目标。经过过去几十年的不断研发投入，光伏产业原材料价格大幅下降，技术不断推陈革新，电池的光伏转换效率得到稳步提升，同时也带动了光伏设备行业技术的大幅提升。海外市场上，2018年“531”光伏新政加速成本下降，拉动电站系统投资成本降低，从而激发了海外市场需求。国内市场，政府推动平价上网项目开展与竞价上网机制，助力电池高效化进程，未来平价时代将会激发设备需求的潜力。技术更新迭代助力设备发展良机，异质结技术已成为下一代商业光伏生产的候选技术。因此，我们推出这篇光伏设备行业报告，阐述未来设备方向的投资机遇。

### 我们的创新之处

光伏设备产业链是贯穿整个光伏系统的基础，决定着“硅原料提炼—硅片生产—电池片制造—组件封装”等每一环节的技术进步，对于光伏产业发展起着重要的支撑作用。每个环节设备水平的高低，直接决定了光伏系统中该环节工艺技术水平的高低。

(1) 未来伴随着行业发展逐步摆脱对政府补贴的依赖，市场驱动将成为行业发展的最主要因素，光伏大规模普及应用有望实现，从而推动对光伏高端装备市场的需求。本文从系统成本角度上做了拆分，表明除组件、逆变器等电站设备外，包括土地、输变电设备等在非技术成本仍有一定下降空间。

(2) 异质结技术为更高效的光伏电池新赛道，具备高转换效率、工艺结构简单等多重优势，有望成为下一代商业光伏生产的候选技术。本文从技术发展历程、行业推动因素、性能优势、生产工艺流程、降本增效方式、业内企业布局等多方面论证，异质结技术的商业化推广值得期待。

### 投资观点

光伏技术更新迭代不断推动发电成本减低，最终可实现平价上网、替代常规能源的目标。中短期来看，下一代高效技术路线有望推动设备迎来发展良机；长期来看，平价时代的来临将会催生设备大量需求。在这样的背景下，我们建议关注光伏设备公司捷佳伟创、迈为股份。

(1) 捷佳伟创：公司为领先的国内晶体硅光伏设备商，目前持续推动多个高效电池技术发展的设备的研发，其中异质结电池工艺技术中多种设备研发基本完成，整线生产设备国产化正在积极推进中。2019年公司参与通威高效异质结电池项目的建设。

(2) 迈为股份：公司为光伏丝网印刷设备龙头，前瞻性布局异质结技术。未来伴随着从PERC切入到异质结技术生产领域，设备价值量将会得到大幅提高。

## 目 录

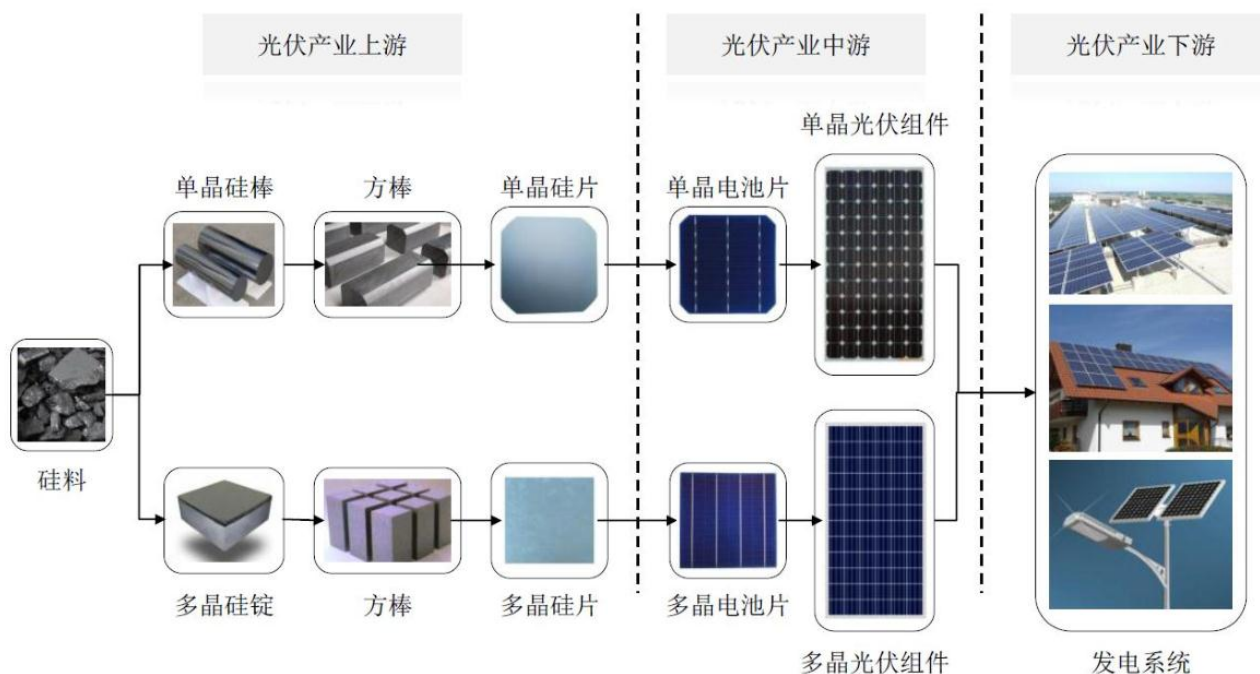
1、 光伏设备产业链概况 .....	4
1.1、 系统成本下降，推动海外需求旺盛 .....	5
1.2、 竞价推动高效化进程，未来平价催生设备需求 .....	7
1.3、 技术快速更新迭代，推动高效设备迎发展良机 .....	10
2、 异质结技术：下一代商业光伏生产的候选技术 .....	13
2.1、 异质结——更高效率的光伏电池新赛道 .....	13
2.2、 生产工艺简化，薄膜沉积为核心工艺 .....	15
2.3、 深挖降本增效空间，商业化推广可期 .....	16
3、 标的介绍 .....	19
3.1、 捷佳伟创 .....	19
3.2、 迈为股份 .....	19
4、 风险提示 .....	20

## 1、光伏设备产业链概况

光伏发电是一种利用半导体材料的光伏效应，将太阳辐射能直接转换成电能的新型发电系统。按照光伏电池片的材质，太阳能电池大致可以分为两类，一类是晶体硅太阳能电池，包括单晶硅太阳能电池、多晶硅太阳能电池；另一类是薄膜太阳能电池，主要包括非晶硅太阳能电池、碲化镉太阳能电池以及铜铟镓硒太阳能电池等。当前，晶体硅太阳能发电为光伏发电的主流。

晶体硅太阳能光伏产业链的上游是晶体硅原料的采集和硅棒、硅锭、硅片的加工制作；产业链的中游是光伏电池和光伏电池组件的制作，包括电池片、封装 EVA 胶膜、玻璃、背板、接线盒、太阳能边框及其组合而成的太阳能电池组件、安装系统支架，目前晶体硅电池分为单晶硅和多晶硅两种；产业链的下游是光伏电站系统的集成和运营。

图 1：光伏产业链上中下游



资料来源：迈为股份招股说明书

光伏设备对于光伏产业发展起着重要的支撑作用。光伏设备产业链是贯穿整个光伏系统的基础，决定着“硅原料提炼—硅片生产—电池片制造—组件封装”等每一环节的技术进步，每个环节设备水平的高低直接决定了光伏系统中该环节工艺技术水平的高低。

晶体硅太阳能电池生产工艺主要包括制绒清洗、扩散制结、刻蚀、制备减反射膜、印刷电极、烧结机自动分选等 7 道工序，当前各道工序逐步采用自动化程度较高的生产设备。

表 1: 晶体硅太阳能电池生产工艺及相应设备

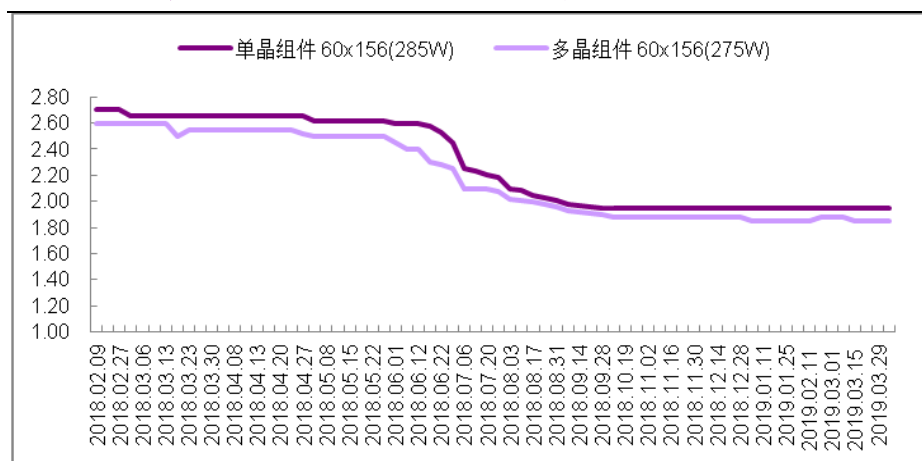
生产工序	内容	关键工艺设备
制绒清洗	用常规的硅片清洗方法清洗,然后用酸(或碱)溶液将硅片表面切割损伤层除去;在用化学溶液对硅片进行化学处理,在硅片表面制备出用于减反射绒面;最后进行干燥处理	制绒清洗设备
扩散制结	把硅片放在管式扩散炉的石英容器内,在高温下使用氮气将掺杂物质带入石英容器进行反应。经过一定时间,掺杂物质通过硅原子之间的空隙向硅片内部渗透扩散,形成 PN 结。	扩散炉
刻蚀	通过化学腐蚀法去除掺杂后的硅片边缘的 PN 结和表面的磷硅玻璃层。	刻蚀设备
制备减反射膜	通过在电池正面生长减反射膜减少光的反射。	管式 PECVD 设备、连续式 PECVD 设备
印刷电极	通过“丝网印刷”制备前后电极	丝网印刷设备
烧结	通过高温烧结形成良好的欧姆接触。	快速烧结炉
自动分选	对不同转换效率的电池片进行分档。	自动分选机

资料来源:捷佳伟创招股说明书

## 1.1、系统成本下降,推动海外需求旺盛

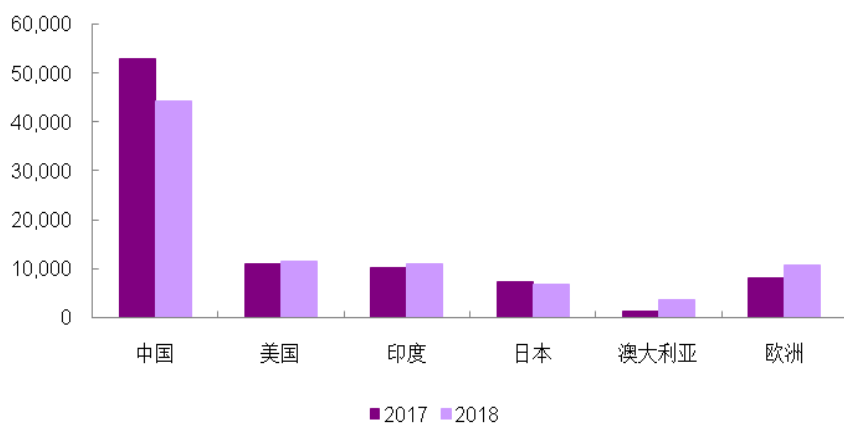
“531”光伏新政加速成本下降,拉动电站系统投资成本降低。2018年5月31日,国家能源局暂停发放2018年以及以后年度光伏新增建设指标,国内需求骤降,产业链各环节价格平均跌幅超过30%,直接拉动全球光伏系统成本下降。

图 2: 2018 年第三季度光伏组件价格大幅下降(单位:元/瓦)



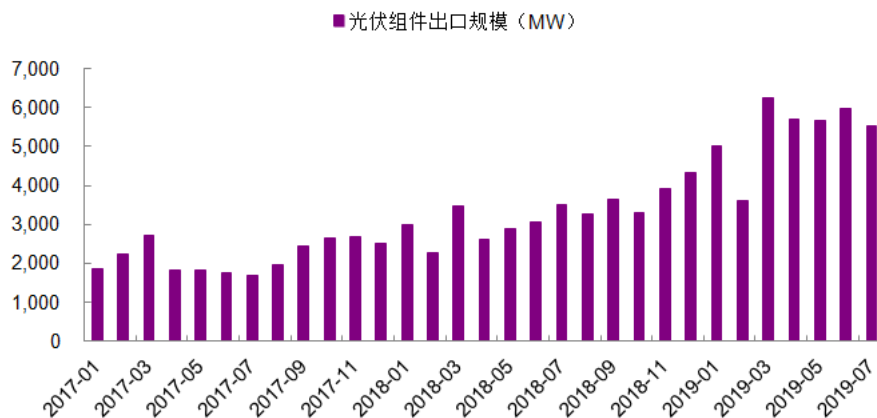
资料来源:Wind

根据 INREA 统计,截至 2017 年底,全球已有超过 67 个国家在可再生能源建设引入市场化竞价模式,包括欧洲、美国以及中东等地区多个国家光伏电站中标电价已低于当地火电电价,海外市场光伏装机需求快速增长。根据 IHS 统计,2018 年全球光伏新增装机达到 105GW,除中国市场受到“531”光伏新政扰动,新增装机 44GW(同比-17.0%),包括美国、印度以及欧洲在内的主要光伏市场均实现增长。

**图 3：2017-2018 年全球主要光伏市场新增装机对比（单位：MW）**


资料来源：BNEF，光大证券研究所整理

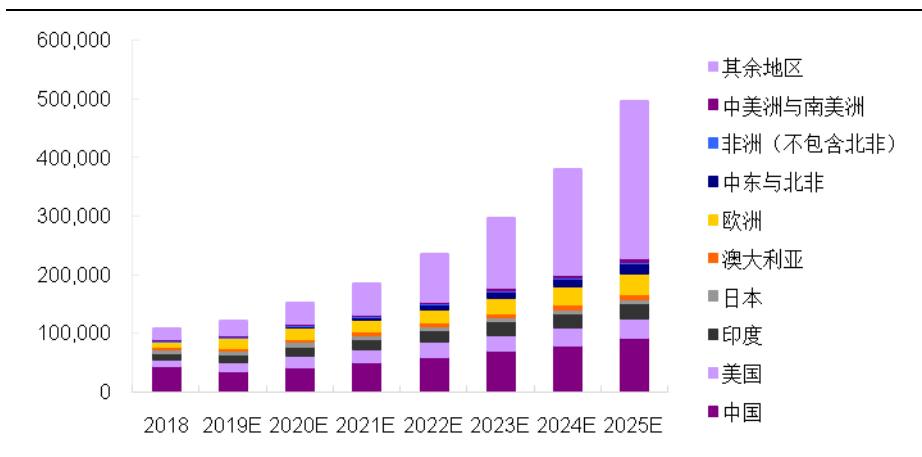
**2019 年年初至今，我国光伏组件海外出口维持高位，印证海外需求高景气度。**2019 年 1 月我国光伏组件单月出口规模达到 5.1GW，1-7 月累计出口达到 37.74GW，同比增幅超过 80%。我们预计全年组件出口有望突破 60GW，考虑截止 2018 年底我国光伏企业海外电池片、组件已分别达到 16GW、19GW，我们预计海外市场 2019 年新增装机有望突破 80GW，海外需求持续旺盛。

**图 4：2017 年-2019 年 7 月光伏组件出口规模（单位：MW）**


资料来源：Wind

根据 PV infolink 预计，2019 年全球范围内将有超过 16 个 GW 级光伏市场出现。展望 2019 年下半年，我们认为美国 ITC 以及日本 FIT 退坡、印度针对我国进口电池组件关税下调均有望推动当地市场装机增长；MIP 取消带来的系统成本下降将为欧洲市场带来持续装机增长动力。

图 5：2018-2025 年全球光伏新增装机保持稳健增长 (GW)



资料来源：BNEF，光大证券研究所整理，2019-2025 年数据为 BNEF 预测

图 6：2019 年有望出现 16 个 GW 级市场

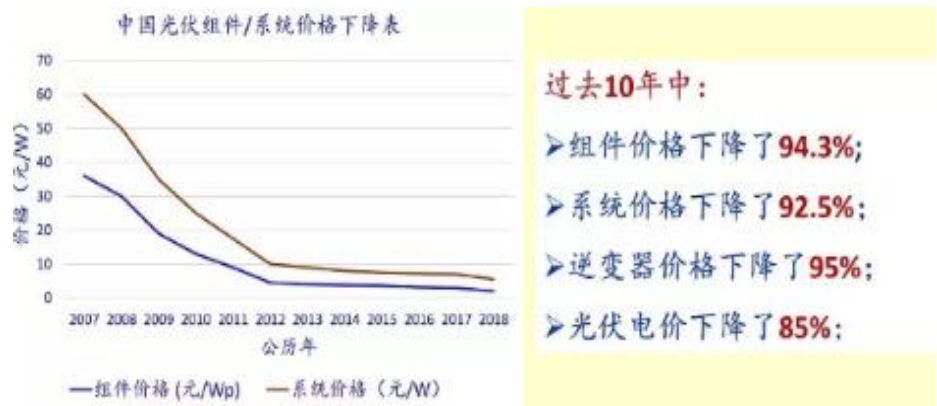


资料来源：PV infolink

## 1.2、竞价推动高效化进程，未来平价催生设备需求

光伏行业属于高科技行业，通过技术创新推动产品效率提升以降低下游电站建设成本和度电成本下降。各大企业持续研发投入提升产品竞争力，从而在激烈的市场竞争中不断保持和提升市场占有率。2007 年至 2018 年光伏产业链各环节通过提升生产效率、引入先进设备等多种手段推动成本快速下降，至 2018 年底系统建设成本降至 4.5~5 元/W，年均复合降幅超过 10%。

图 7：2007 年至 2018 年光伏系统成本快速下降



资料来源：CPIA

2014 年开始，国家发改委针对三类不同光照资源区制定三档上网电价，并针对自发自用分布式按照发电量提供 0.42 元/kWh 度电补贴。尽管补贴规模逐步下调，但由于光伏系统建设成本亦保持持续下降形势，光伏电站投资者仍能保持较高项目收益率，2015-2018 年我国新增装机总规模超过 100GW。

表 2：2011-2019 年我国光伏标杆上网电价以及度电补贴（元/kWh）

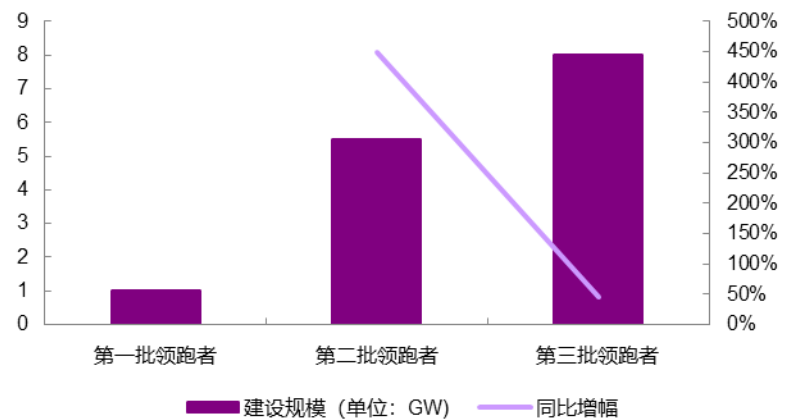
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
I 类资源区	1.15	1	1	0.9	0.9	0.8	0.65	0.5	0.4
II 类资源区	1.15	1	1	0.95	0.95	0.88	0.75	0.6	0.45
III 类资源区	1.15	1	1	1	1	0.98	0.85	0.7	0.55
自发自用分布式	-	-	-	0.42	0.42	0.42	0.42	0.32	0.1

资料来源：国家能源局

**国家领跑者项目加强电池技术高效路线。**2015 年国家能源局启动第一批领跑者项目，通过制定高于市场平均转换效率的单多晶产品以推动产品技术创新。2016 年，第二批领跑者项目引入竞价机制，将上网电价作为重要考核因素。2015 年至 2017 年，国家能源局连续实施三年光伏“领跑者”项目，建设规模逐年扩大，采用的光伏电池组件转换效率快速提升。2017 年启动的第三批领跑者项目，建设规模进一步扩大，转换效率要求进一步提升，最终中标电价进一步下降，部分地区低于当地标杆上网电价。



图 8：2015 年-2017 年三年“领跑者”项目规模持续增长



资料来源：国家能源局，光大证券研究所

表 3：第一批至第三批领跑者对转换效率以及功率要求不断提升

	单晶	多晶
<b>第一批及第二批</b>		
转换效率	17%	16.50%
对应组件功率 (60 片) (单位: W)	275	270
<b>第三批</b>		
<b>应用领跑者</b>		
<i>门槛效率</i>		
转换效率	17.8%	17%
对应组件功率 (60 片) (单位: W)	295	280
<i>满分效率</i>		
转换效率	18.70%	17.9%
对应组件功率 (60 片)	310	295
<b>技术领跑者</b>		
<i>门槛效率</i>		
转换效率	18.90%	18%
对应组件功率 (60 片) (单位: W)	310	295
<i>满分</i>		
转换效率	20.40%	19.40%
对应组件功率 (60 片) (单位: W)	355	320

资料来源：国家能源局

**政策调整，推动平价上网项目开展与竞价上网机制转型。**2019 年年初至今，国家发改委与能源局先后下发《关于推进风电、光伏发电无补贴平价上网项目建设的工作方案(征求意见稿)》以及《关于报送 2019 年度风电、光伏发电平价上网项目名单的通知》等一系列文件，推动平价上网项目开展与竞价上网机制转型。2019 年 5 月 15 日，国家能源局与国家发改委正式下发《关于建立健全可再生能源电力消纳保障机制的通知》，通过将可再生能源消纳落实到省、量化到供、用电相关主体的方式，保障可再生能源消纳；2019 年 5 月 30 日，国家能源局正式下发《2019 年光伏发电建设管理工作方案》，明确 2019 年光伏新增装机对应补贴规模 30 亿，对应 2019 年当年新建光伏电站项目，并落实申报电价计算、排序等具体方法和机制。

成本仍为制约平价上网项目落地核心因素，隔墙售电有望推动平价项目收益率提升。根据我们测算，为达到 8% 左右项目收益率，位于中东部地区的工商业分布式电站系统成本需降至 3.4 元/瓦（按照 1200 小时，0.391 元/kwh 脱硫煤电价测算），而参考近期公告招投标价格以及组件价格，EPC 系统均价在 4~4.2 元/瓦，我们认为，当前组件以及系统造价仍有待进一步下降以实现平价上网。

**表 4：对第三类地区平价上网项目收益率情景分析**

	情景 1	情景 2	情景 3	情景 4	情景 5
系统成本 (元/瓦)	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4
项目收益率	6.9%	7.2%	7.5%	7.8%	8.1%

资料来源：光大证券研究所测算

我们认为成本下降以及隔墙售电模式的推广将推动平价上网项目加速落地，从系统成本角度看，除组件、逆变器等电站设备外，包括土地、输变电设备等在内非技术成本仍有一定下降空间。

**表 5：目前我国光伏系统成本仍有较大下降空间**

	高非技术成本	正常非技术成本	对于成本的影响
贷款利息	10%	5%	每年还贷
贷款比例	70%	80%	金融杠杆
年土地租赁费用	5 元/m <sup>2</sup>	2 元/m <sup>2</sup>	运行费用
电网接入	0.7 元/W	0.2 元/W	初投资
弃光限发	5%	2%	发电量
补贴拖欠	3 年	0 年	每年还贷
立项成本	0.3 元/W	0.0 元/W	初投资

资料来源：中国光伏行业协会

未来光伏平价时代有望催生大量设备需求。光伏大规模应用的根本在于，不断降低单位的发电成本，最终实现平价上网、替代常规能源的目标。经过过去几十年的不断研发投入，光伏产业原材料价格大幅下降，技术不断推陈出新，电池的光伏转换效率得到稳步提升，同时也带动了光伏设备行业技术的大幅提升。未来伴随着行业发展逐步摆脱对政府补贴的依赖，市场驱动将会成为行业发展的最主要因素，光伏大规模普及应用有望实现，从而推动对光伏高端装备市场的需求。

### 1.3、技术快速更新迭代，推动高效设备迎发展良机

近年来，我国光伏行业持续增长为我国光伏设备市场发展营造了良好的市场环境，光伏设备行业得以发展迅速。目前，光伏设备企业的市场需求来源于国内光伏生产厂商需求和出口需求。光伏行业的大幅调整和波动，落后产能的逐步淘汰，也给光伏设备行业带来了发展机会。光伏设备行业如今呈现出定制化及自动化程度高、产品趋向高端、国产品牌崛起、高效技术路线推动需求等特点。

表 6：光伏设备产业发展趋势

趋势	介绍
定制化程度高	要求设备生产厂商具备良好的生产线，能够快速组织生产，同时产品适用性强
产品从低端产品向高端产品发展	随着光伏技术的提升，低端设备将逐渐被淘汰出市场，高端设备市场将有效促进光伏产品制造行业新一轮的生产效率的提升，为整个光伏行业快速发展做技术铺垫。
国产化程度不断提高	国产光伏装备主要集中在晶体硅太阳能电池领域，其中硅材料加工、电池和组件制造环节的设备所占比例最高。国产单晶炉、硅棒切断机、硅片清洗机、甩干机、扩散炉等主要设备已完全替代进口。我国光伏设备已实现了 70% 的国产化率。国产太阳能电池制造设备已完全具备了整线交钥匙工程的装备能力，实现了电池生产线全工序设备的本土化。
自动化设备需求不断增加	提高单机智能化水平、增加批次装片量，以提高单机生产效率和产能、降低使用成本和维护成本，也成为光伏设备发展趋势之一。

资料来源：光大证券研究所根据捷佳伟创招股说明书整理

**技术进步是加速光伏行业发展的重要推动力。**光伏电池行业本质上一个技术密集型的产业，作为战略性新兴产业，科学技术发展是光伏行业发展的根本。此外，技术创新是太阳能发电提升效率、降低成本、更广泛利用的关键；技术创新也是光伏最终成为主导能源，成为推动能源转型的中坚力量的依托。目前行业内主流的先进技术有湿法黑硅（MCCE）技术、背面钝化（PERC）技术、异质结太阳能电池（HIT）、金属穿透（MWT）技术、全背电极接触晶硅光伏电池（IBC）技术。

表 7：光伏行业主流先进技术

技术	介绍
湿法黑硅（MCCE）技术	又称金属催化化学腐蚀技术。MEEC 解决了多晶太阳电池表面反射率较高的难题，该技术既适用于砂浆切割硅片，也适用于金刚线切割硅片，是降本增效的利器。技术基本原理是采用 Au、Ag 等贵金属粒子随机附着在硅片表面，反应中金属粒子作为阴极、硅作为阳极，同时在硅表面构成微电化学反应通道，在金属粒子下方快速刻蚀硅基底形成不同类型的纳米结构。
背面钝化（PERC）	即钝化发射极背面接触，利用 SiNx 或 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 在电池背面形成钝化层，作为背反射器，增加长波光的吸收，同时将 P-N 极间的电势差最大化，降低电子复合，以提升电池转化效率。PERC 电池具有成本较低，且与现有电池生产线相容性高的优点。
异质结太阳能电池（HIT）	采用高质量的 N 型单晶硅作为衬底，在两面沉积本征层的非晶硅层用作钝化层，之后分别沉积 P 和 N 层，该钝化层有非常好的钝化效果，电池的开路电压高达 710mv，批量生产的转换效率也达到 20%。
金属穿透（MWT）	在硅片上利用激光穿孔技术结合金属浆料穿透工艺将电池片正面的电极引到背面从而实现降低正面遮光提高电池转换效率的目的。同时由于该技术的组件封装特点，组件的串联电阻低，转换效率高；并且可以适用于更薄的硅片，使得进一步较大幅度降低成本成为可能。
全背电极接触晶硅光伏电池（IBC）	将正负两极金属接触均移到电池片背面的技术，使面朝太阳的电池片正面呈全黑色，完全看不到多数光伏电池正面呈现的金属线。这不仅为用户带来更多有效发电面积，也有利于提升发电效率，外观上也更加美观。这种背电极的设计实现了电池正面“零遮挡”，增加了光的吸收和利用。但制作流程也十分复杂，工艺中的难点包括 P+扩散、金属电极下重扩散以及激光烧结等。

资料来源：光大证券研究所根据 OFweek 网站等整理

**光伏高效路线推动设备行业迎来发展良机。**光伏产业是一个技术快速更新迭代的产业，以单晶路线为例，2016 年以来，随着光伏硅片和组件整体价格的大幅下降，单晶硅片与多晶硅片价差以及单晶组件与多晶组件价差不

断收窄，单晶路线的性价比优势开始显现，单晶渗透率由 2016 年底的 27% 提升至 2018 年的 45.9%。据 PV InfoLink 预计，2019 年单晶将会进一步提升至 64%。随着单晶市场的持续扩容，相应的高效设备需求不断释放。另外，2018 年 531 新政实施以来，短时间对我国光伏产业装机容量的需求产生比较大的影响，产业链各环节面临降价压力，光伏行业的盈利空间也在一定程度上被压缩。目前，行业面临比较大的降本增效压力。因此，行业积极推动布局高效电池路线、提升生产效率等方式应对，高效光伏设备有望迎来发展良机。

**表 8：光伏设备主要厂商**

设备类型	国内主要厂商	国外主要厂商
清洗设备	常州捷佳伟创、上海思恩、张家港超声、上海釜川、北方华创	
制绒和刻蚀设备	常州捷佳创创、苏州聚晶	Schmid、RENA
扩散炉	捷佳伟创、丰盛装备、中电集团公司 48 所、北方华创	Tempres Systems, Inc.、 Centrotherm Photovoltaics AG
PECVD 设备	捷佳伟创、北方华创、丰盛装备、中电集团 48 所	Centrotherm Photovoltaics AG、 poth& Rau、Tempres Systems, Inc.

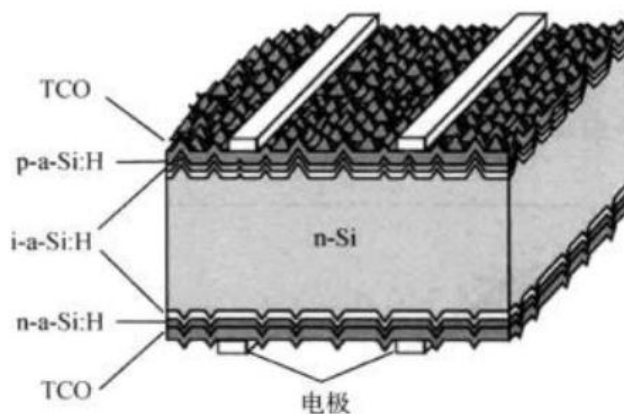
资料来源：光大证券研究所根据捷佳伟创招股说明书整理

## 2、异质结技术：下一代商业光伏生产的候选技术

### 2.1、异质结——更高效的光伏电池新赛道

**异质结技术兼备硅片与薄膜电池两者的优势。**按照光伏电池片的材质，太阳能电池大致可以分为晶体硅太阳能电池和薄膜太阳能电池。而异质结（HIT）电池则是基于硅片的太阳能电池技术和薄膜光伏技术的融合体，并且兼具两者的优点，这个便是异质结技术的主要特性。异质结电池具备了晶体硅太阳能电池的光吸收性能和薄膜电池的钝化特性。从结构上来说，异质结就是指由两种不同的半导体材料组成的结。它是在单晶硅基板的两面沉积上薄膜硅，形成pi结和ni结的双结高效率太阳能电池。

图 9：异质结电池结构示意图



资料来源：光伏测试网

**异质结电池具备高转换效率、工艺结构简单等多重优势。**我们认为异质结有望成为下一代商业光伏生产的候选技术之一，主要由于其具备多种性能优势。异质结技术具备更高的转换效率，目前最高可以达到 25.6%，叠加 IBC 可以达到 26.63%；具有更高的双面性，从理论上讲，双面率可以达到 98%；更低的衰减，无 PID/LID 问题；较低的温度系数，可以达到 -0.25%，常规晶硅电池为 -0.46%；更适合与叠瓦技术相结合，HIT 电池柔性不易隐裂。另外，还存在低度电成本、寿命周期长、产品应用范围广等特点。

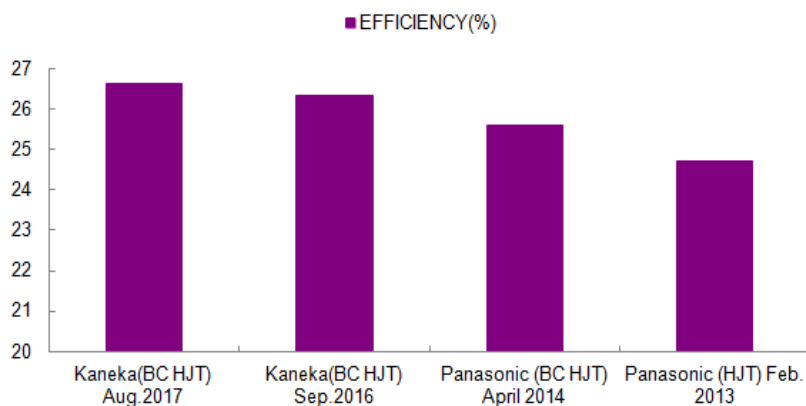
表 9：异质结特点及优势

	HIJ	常规单晶	常规多晶	单晶 Perc	黑硅多晶 Perc	N-pert	IBC
量产效率	23%	20.50%	18.70%	21.80%	20.80%	21.70%	23%
双面率	>95%	0	0	>60%	>60%	>80%	>0%
LID	0%/年	1%/年	1%/年	1%/年	1%/年	0%/年	0%/年
LETID	无	有	有	有	有	有	有
温度系数	-0.25%	-0.42%	-0.45%	-0.37%	-0.39%	-0.35%	-0.35%
工艺步骤	4	6	6	8	8	12	20
弱光响应	高	低	低	低	低	高	高
成本	高	低	低	中	中	高	极高

资料来源：光伏测试网

异质结技术经过多年积累发展，连续突破电池销量世界纪录。异质结技术发展时间较长，早在 1989 年，日本三洋公司首次将本征非晶硅插入硅片和掺杂的非晶硅层之间，取得了实质性突破，并随后申请注册为商标，当时电池效率就达 18.1%。随后，三洋被松下于 2012 年收购。2013 年 2 月，三洋 HIT 转换效率最高已达 24.7%。2016 年，日本 Kaneka 公司通过在异质结电池结构中结合 IBC 电池结构，实现了 26.63% 的高转换效率，创下了最高的 HIT 纪录。

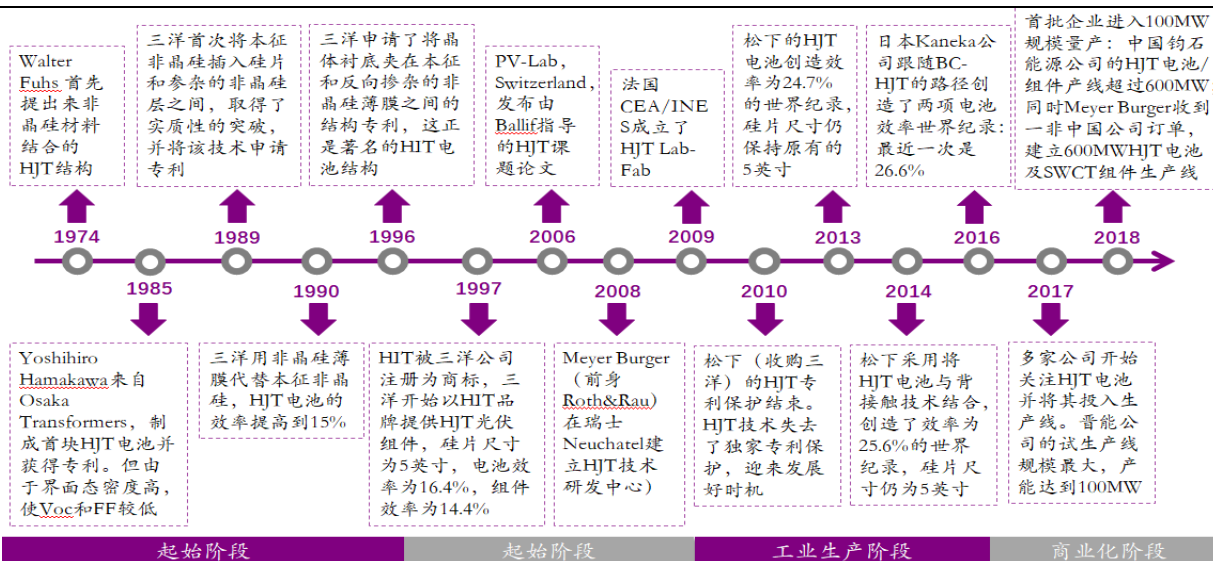
图 10：异质结技术近年来创造的效率纪录



资料来源：TaiyangNews

异质结技术过去的发展可以分为四个阶段：起始阶段、初步发展阶段、工业生产阶段、商业化阶段。早在 1974 年 Walter 首先提出了异质结结构，1989 年三洋首次将本征非晶硅插入硅片和掺杂的非晶硅层之间，取得实质性突破，并申请专利。1996 年，三洋申请了将晶体衬底夹在本征和非晶硅薄膜之间的结构专利，这便是 HIT 电池结构，随后 HIT 被三洋于 1997 年申请注册商标。2008 年，Meyer Burger 在瑞士建立异质结技术的研发中心。2010 年之后，异质结技术的效率不断提升，多家公司在近年来开始关注异质结，并投入试生产线，其中晋能于 2017 年投入了规模最大的试生产线（100MW），异质结的发展也正式步入商业化阶段。

图 11：异质结的技术发展历程

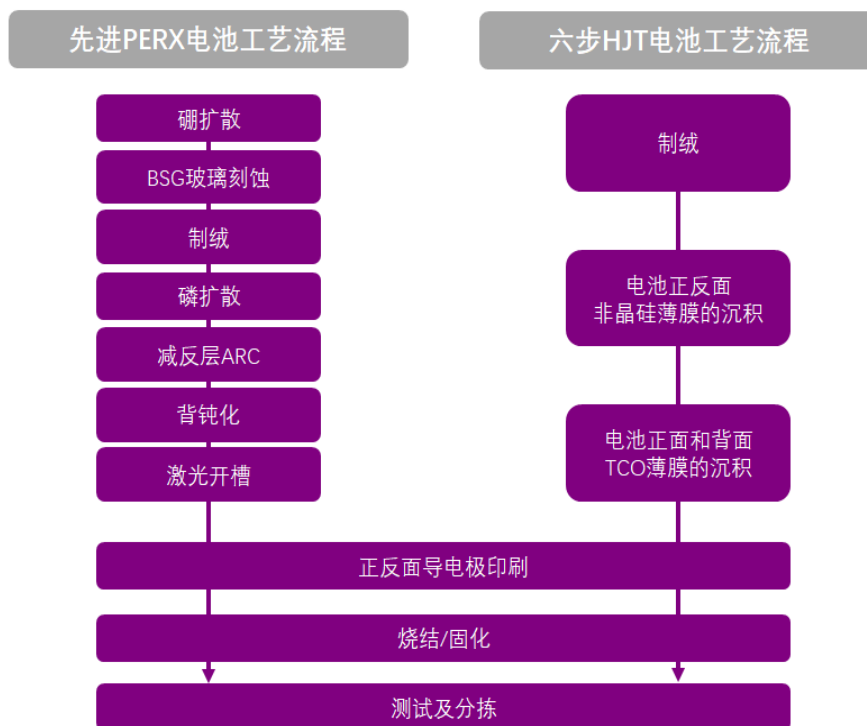


资料来源：TaiyangNews

## 2.2、生产工艺简化，薄膜沉积为核心工艺

异质结技术不仅具备优异的转换效率，而且生产工艺步骤相对简单。首先，与常规电池处理一致，对机械切割后的硅片表面进行蚀刻、制绒处理。随后，开始在硅片两侧沉积本征非晶硅薄膜，然后再沉积极性相反的掺杂非晶硅薄膜。再下一步，开始制备 TCO 薄膜，TCO 的制备主要通过物理气相沉积（PVD）技术的溅射来完成。最后，在 TCO 顶部进行表面金属化处理，便可得到异质结电池。

图 12：先进 PERX 电池与异质结电池工艺对比



资料来源：TaiyangNews

薄膜沉积是异质结电池生产工艺中的核心步骤。异质结工艺需要 PECVD 和 PVD 两种沉积设备，分别沉积本征及掺杂非晶硅薄膜、TCO 薄膜。

由于沉积层决定了钝化效果，这个也最终决定了整个工艺的性能好坏，因此 **PECVD 沉积是整个工艺中最为关键的一步**。PECVD（等离子体增强化学气相沉积）的实验机理为，借助微波或射频等使含有薄膜组成原子的气体，在局部形成等离子体，而等离子体化学活性很强，很容易发生反应，在基片上沉积出所期望的薄膜。PECVD 在设备成本中占据较高的比例，所以 PECVD 技术对于降低异质结技术，起到关键的作用。目前国外厂商 Meyer Burger 和 Archers 可提供用于量产的设备，Indeotec 正在研发适用于大规模生产的设备。国内本土企业捷佳伟创及迈为股份，均在积极布局。

**TCO 薄膜目前主要采用 PVD 设备完成**。透明导电氧化层 TCO 薄膜，位于异质结电池的两侧，主要用作减反层及横向输运载流子至电极的导电层。TCO 薄膜质量影响横向电荷的收集，因此制备 TCO 薄膜也是异质结工

艺的一个关键步骤，目前一般采用溅射方法，通过 PVD 设备完成。氧化烟锡 (ITO) 为最常用于制备 TCO 薄膜的材料，ITO 为氧化烟和氧化锡的混合晶体，由于存在大量的载流子，因此呈现出透明导电的特性。目前，Von Ardenne、Meyer Burger、钧石能源、Singulus 为业内领先的 PVD 设备厂商。

表 10: 异质结主要设备制造商

工序	设备	主要设备商
清洗制绒	清洗制绒机	YAC/Singulus/RENA/Extech/捷佳伟创
非晶硅镀膜	PECVD/Cat-CVD	Ulvac/MB/AMAT/Jusung/理想/捷造光电
TCO 镀膜	RPD/PVD	住友/MB/Von Ardenne/AMAT/Singulus/Ulvac/精耀/捷佳伟创/捷造光电
电极印刷	丝网印刷机	AMAT(Baccini)/迈为/科隆威/捷佳伟创

资料来源：光大证券研究整理

## 2.3、深挖降本增效空间，商业化推广可期

**成本为异质结技术推广最大的制约。**异质结技术优势远超常规晶硅路线，但是在行业内一直得不到量产应用，核心原因还是在于当前生产成本过高。另外，异质结电池生产设备与常规晶硅电池路线不兼容，近年来 PERC、黑硅、IBC 等新型电池技术都是在传统晶硅电池技术上的叠加，企业通过改造现有的电池生产线便可实现新技术的量产。但异质结技术不能利用现有的生产线，只能投资建设一条全新的生产线，导致在初期推广中投资成本过高。根据目前市场情况，从 CAPEX 角度看，异质结设备的投资约为当前主流 PERC 技术的三倍左右。

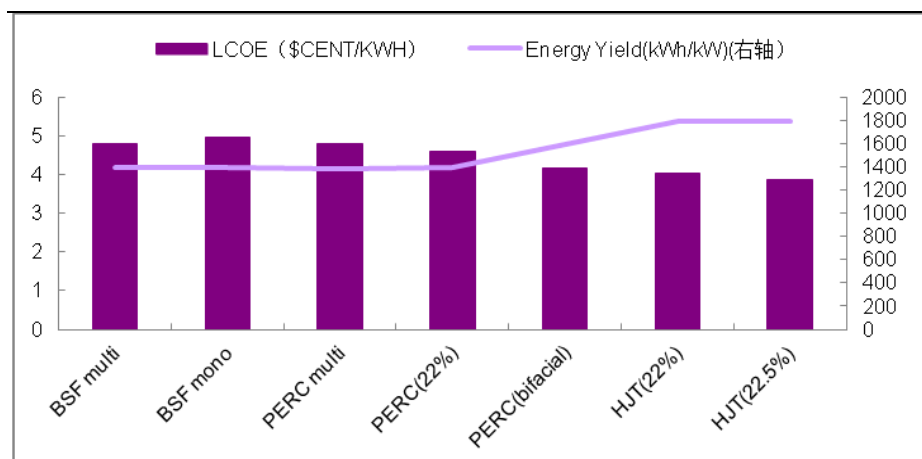
表 11: 异质结与 PERC 电池的 CAPEX 对比

CAPEX 对比	进口	国产
异质结	8000 万-1 亿元人民币/100MW (含税)	5000 万-8000 万/100MW (含税)
PERC	2500 万-3000 万/100MW (含税)	

资料来源：Meyer Burger

**根据 Meyer Burger 数据，异质结技术在 LCOE 上优势显著。**Meyer Burge 对于不同的光伏电池技术的发电量和 LCOE (风电平准化度电成本) 进行比较。22.5% 以上转换效率的异质结电池，年发电量率可以达到 1787kWh/kW，显著高于 1594kWh/kW 的双面 PERC 技术。与此同时，异质结的 LCOE 成本最低，每千瓦时仅为 3.88 美分，对比双面 PERC 的数据则为 4.16 美分。

图 13: 不同电池技术的发电产率和 LCOE 成本统计



资料来源：Meyer Burger, TaiyangNews



**深挖降本增效空间，推动异质结技术量产。**当前来看，异质结技术在各方向均存在一定的降本增效空间。N型硅片方面，伴随着隆基、中环双龙头的推动，未来与P型硅片的价差有望降低至5%以内。同时，硅片更加薄片化，厚度有望从目前的170微米降低至120微米。生产设备方面，未来伴随着国产设备的崛起，单机设备产能的提供，异质结技术的CAPEX有望实现50%水平的降幅，降低与PERC技术设备投资的差距。另外，低温银浆浆料国产化及本地化的推进，有望实现与P型电池银浆成本持平。无主栅电池和组件的封装技术，也有望大幅降低银浆的消耗量。

**双玻双面有望助力推动异质结技术的度电成本优势。**异质结技术的优势需要通过度电成本来体现，技术的双面一致性是降低度电成本的重要途径。而在过去，我国双玻组件的合格率不足50%，玻璃选择则是3.2mm以上，导致重量很大，并且电池片的串焊基本依赖人工。因此，双玻组件产能的缺失也是制约着异质结技术推广的障碍之一。

**近年来双玻组件占比得到快速提升。**2012年，为了解决组件PID效应、背板材料的老化寿命问题，行业开始积极推动研究双玻对背板的替代路线。经过近年来的努力，双玻组件的合格率逐渐达到单玻水平，成本也大幅降低，玻璃的厚度降到2.5mm、2mm，分体接线盒的加入使得组件系统愈发高效。因此，双玻组件产量的全球占比由2013年的0.01%提升至2017年的6.60%。

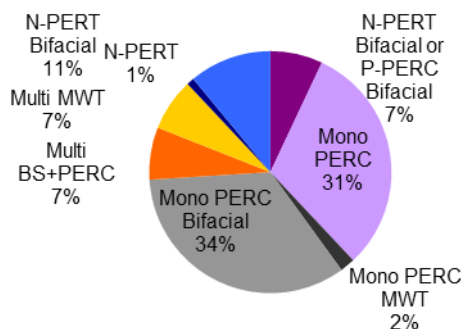
**表 12：双玻组件产量全球占比**

年/兆瓦 MW	全球组件产量	双玻组件产量	占比
2013	41590	3	0.01%
2014	47500	150	0.32%
2015	60000	1500	2.50%
2016	77900	3000	3.85%
2017	106000	7000	6.60%

资料来源：光伏测试网

**“光伏领跑者计划”加速双玻、异质结为代表的光伏产品高效化进程。**在领跑者项目推动下，双面发电、HIT等高效技术路线百花齐放，有效提升电站光伏电站整体发电量水平，从而降低电站度电成本。双面发电组件在第三批领跑者项目合计中标占比超过50%。以第三批领跑者中标规模最大的国电投为例，其双面双玻组件使用占比超过75%。优秀电池组件厂商加强布局双面电池布局，以爱旭电池为例，2018年，爱旭将产能逐渐转向双面PERC，其双面PERC从2018年2月开始出货，至2018年11月，双面PERC全月出货占单晶电池出货比例已达到63%，累计出货超过1GW。

图 14: 第三批“领跑者”组件技术路线分布情况



资料来源: Solarbe

业内多家企业大力布局异质结技术。法国国家太阳能研究所 CEA-INES 于 2019 年 1 月宣布,采用 Meyer Burger 设备加工的 5 主栅标准尺寸的异质结电池,认证效率达 23.9%。国内汉能于同一时间宣布,常规尺寸的异质结太阳能电池效率达到 24.32%。钧石能源于 2018 年建造了一条基于铜电极技术的 500MW 生产线,平均效率达到 22.8%,最佳生产效率为 23%。2019 年 7 月,钧石能源与山煤国际签订合作协议,双方将共建高达 10GW 的异质结太阳能电池生产基地。

表 13: 国内市场异质结技术领域布局及进展

公司	异质结技术领域布局及进展
松下	最早涉足异质结技术领域的企业之一,目前产能接近 GW,分布在马来西亚与日本两处生产基地。已与特斯拉达成合作,计划在美国建造基于异质结技术的生产基地。
钧石能源	目前拥有 600MW 的异质结产能,与山煤国际达成协议,共同建设高达 10GW 的异质结太阳能电池生产基地。
Meyer Burger	国外先进设备制造商,2018 年 12 月收到 600MW 的异质结和智能网线技术产线订单,价值 7440 万美元。
通威集团	当前研发积极投向异质结、TOPCON 方向,2018 年 11 月 1GW 超高效异质结电池项目举行开工仪式。
晋能	晋能的异质结组件获得了全球首个新 IEC 认证,目前装机容量为 100MW,2019 年 9 月晋中市与晋能集团签署 2GW 异质结晶硅高效电池及组件项目合作框架协议。
汉能	当前在四川、江西、山东规划三处异质结生产基地,目前产能为 120MW
中智	公司与泰兴市高新区合作,共同投资建设了 160MW 两条异质结太阳能电池的生产线。规划,三年内分三期建设 8 条高效异质结太阳能电池组件生产线,完成 1GW 生产能力;其中,一期 2 条 150MW 生产线年内动工,2019 年 10 月份完成。
中威	2019 年 6 月公司超高效硅异质结 SHJ 太阳能电池项目一期 200MW 产线顺利投产。项目规划产能 1GW,一期建设 200MW,全车间采用工业 4.0 智能制造自动化生产线。
爱康	公司异质结高效太阳能电池项目于 2018 年三季度开工建设,该项目总投资 106 亿元,占地约 500 亩,总产能为 5GW。
彩虹	公司 2GW 异质结电池智能制造基地项目,总投资约 35 亿元人民币,由中国电子集团投资建设。
东方日升	2019 年 8 月年产 2.5GW 高效异质结电池与组件生产项目在浙江省宁波市宁海县开工,总投资 33 亿元,占地面积约 205 亩。该项目预计将在 2021 年实现竣工,届时全部投产后新增销售收入有望达到 50 亿元。

资料来源:光大证券研究所根据光伏测试网等网站整理

### 3、标的介绍

光伏技术更新迭代不断推动发电成本减低，最终可实现平价上网、替代常规能源的目标。中短期来看，下一代高效技术路线有望推动设备迎来发展良机；长期来看，平价时代的来临将会催生设备大量需求。在这样的背景下，我们建议关注光伏设备公司捷佳伟创、迈为股份。

#### 3.1、捷佳伟创

**晶硅太阳能电池设备制造领先企业。**捷佳伟创从事于晶硅太阳能电池生产设备的技术与工艺研发，主要产品包括 PECVD 及扩散炉等半导体掺杂沉积工艺光伏设备、清洗、刻蚀、制绒等湿法工艺光伏设备以及自动化（配套）设备、全自动丝网印刷设备等。

**高效电池技术研发成果显著。**公司持续推动多个代表未来 2-3 年高效电池技术发展的设备的研发，其中 HJT 电池工艺技术中超洁净 HJT 单晶制绒清洗设备研发、透光导电薄膜设备（RPD 设备）研发、金属电极丝网印刷线研发已基本完成，进入工艺验证阶段，HJT 整线生产设备国产化正在积极推进中；背钝化技术氧化铝镀膜设备研发已形成批量生产销售；TOPCon 电池工艺技术钝化设备研发已进入工艺验证阶段；主营产品高温扩散氧化退火炉、管式等离子体沉积炉、湿法设备、自动化设备的研发也向大产能、高度自动化、集成化、智能化方向发展。

**参与电池片龙头异质结项目建设，未来量产可期。**据全景网报道，捷佳伟创作为核心设备供应商，参与通威高效异质结电池项目的建设。目前该项目第一批电池已下线，转换效率达 23%。目前公司高效 HJT 电池整线产品进入全面开发验证阶段。

**风险提示：**国内光伏政策改善不及预期，补贴退坡超预期；技术研发进展不及预期；存在专利风险等。

#### 3.2、迈为股份

**公司为光伏丝网印刷设备龙头。**迈为股份为太阳能电池丝网印刷生产线成套设备，主要应用于光伏产业链的中游电池片生产环节，包括核心设备全自动太阳能电池丝网印刷机和自动上片机、红外线干燥炉等生产线配套设备。公司在现有光伏设备的基础上，相继切入光伏激光设备、叠瓦组件设备等光伏上下游设备领域，并进入了 OLED 显示装备领域。目前光伏激光设备及叠瓦组件设备正处在快速发展阶段，预计 2019 年有望贡献收入；在 OLED 显示装备方面，维信诺固安 AMOLED 面板生产线激光项目已交付客户进行安装调试

**前瞻布局异质结整线解决方案。**公司前瞻性布局异质结技术，异质结生产装备主要有清洗设备、CVD 设备（非晶硅薄膜沉积目前通常采用 PECVD 法制备）、PVD 设备、丝网印刷设备等，公司目标提供异质结的整线解决方案。公司目前设备主要供应 PERC 产品，未来切入到异质结技术生产领域，设备价值量将会得到大幅提高。

**风险提示：**国内光伏政策改善不及预期，补贴退坡超预期；新产品研发及拓展不及预期；存在市场竞争风险等。

## 4、风险提示

1、**全球光伏市场新增装机不及预期。**2018 年我国“531”光伏新政加速成本下降，从而推动全球市场需求放量。但是未来全球市场存在经济发展下行等诸多因素，可能会导致全球光伏市场新增装机不及预期。

2、**国内光伏政策波动对于行业稳定发展产生一定影响。**光伏平价时代还没有到来，我国当前光伏产业发展仍受到政策影响。未来政策出现波动，对于行业的稳定发展，会产生一定影响。

3、**行业竞争加剧导致产品价格下降，毛利率下滑。**光伏产业链在各个环节均存在竞争加剧的现象，未来可能会出现行业供给增多、导致竞争愈发激烈的现象，从而进一步影响业内相关企业的毛利率。

4、**业内相关企业在异质结电池领域的研发及市场推广不及预期。**异质结为下一代商业光伏生产的候选技术，但是目前也存在着成本高昂、技术难度高难以普及的问题，有未来普及不及预期的风险存在。相关企业在研发中，也存在着技术难以攻克的风险。

## 行业及公司评级体系

评级	说明
买入	未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 15% 以上；
增持	未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 5% 至 15%；
中性	未来 6-12 个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差 -5% 至 5%；
减持	未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 5% 至 15%；
卖出	未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 15% 以上；
无评级	因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。

**基准指数说明：**A 股主板基准为沪深 300 指数；中小盘基准为中小板指；创业板基准为创业板指；新三板基准为新三板指数；港股基准指数为恒生指数。

## 分析、估值方法的局限性说明

本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。本报告采用的各种估值方法及模型均有其局限性，估值结果不保证所涉及证券能够在该价格交易。

## 分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。负责准备以及撰写本报告的所有研究人员在此保证，本研究报告中任何关于发行商或证券所发表的观点均如实反映研究人员的个人观点。研究人员获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户反馈、竞争性因素以及光大证券股份有限公司的整体收益。所有研究人员保证他们报酬的任何一部分不与、不与，也将不会与本报告中的具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

## 特别声明

光大证券股份有限公司（以下简称“本公司”）创建于 1996 年，系由中国光大（集团）总公司投资控股的全国性综合类股份制证券公司，是中国证监会批准的首批三家创新试点公司之一。根据中国证监会核发的经营证券期货业务许可，本公司的经营范围包括证券投资咨询业务。

本公司经营范围：证券经纪；证券投资咨询；与证券交易、证券投资活动有关的财务顾问；证券承销与保荐；证券自营；为期货公司提供中间介绍业务；证券投资基金代销；融资融券业务；中国证监会批准的其他业务。此外，本公司还通过全资或控股子公司开展资产管理、直接投资、期货、基金管理以及香港证券业务。

本报告由光大证券股份有限公司研究所（以下简称“光大证券研究所”）编写，以合法获得的我们相信为可靠、准确、完整的信息为基础，但不保证我们所获得的原始信息以及报告所载信息之准确性和完整性。光大证券研究所可能将不时补充、修订或更新有关信息，但不保证及时发布该等更新。

本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次发布时光大证券研究所的判断，可能需随时进行调整且不予通知。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。客户应自主作出投资决策并自行承担投资风险。本报告中的信息或所表述的意见并未考虑到个别投资者的具体投资目的、财务状况以及特定需求。投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及作者均不承担任何法律责任。

不同时期，本公司可能会撰写并发布与本报告所载信息、建议及预测不一致的报告。本公司的销售人员、交易人员和其他专业人员可能会向客户提供与本报告中观点不同的口头或书面评论或交易策略。本公司的资产管理子公司、自营部门以及其他投资业务板块可能会独立做出与本报告的意见或建议不相一致的投资决策。本公司提醒投资者注意并理解投资证券及投资产品存在的风险，在做出投资决策前，建议投资者务必向专业人士咨询并谨慎抉择。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。投资者应当充分考虑本公司及本公司附属机构就报告内容可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一信赖依据。

本报告根据中华人民共和国法律在中华人民共和国境内分发，仅向特定客户传送。本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、复制、转载、刊登、发表、篡改或引用。如因侵权行为给本公司造成任何直接或间接的损失，本公司保留追究一切法律责任的权利。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

光大证券股份有限公司 2019 版权所有。

## 联系我们

上海	北京	深圳
静安区南京西路 1266 号恒隆广场 1 号写字楼 48 层	西城区月坛北街 2 号月坛大厦东配楼 2 层 复兴门外大街 6 号光大大厦 17 层	福田区深南大道 6011 号 NEO 绿景纪元大厦 A 座 17 楼